

**PENGARUH PERUBAHAN KONFIGURASI SALURAN TRANSMISI 150KV
GARDU INDUK PALUR – MASARAN – SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

AHMAD DWIYANTO

D400150059

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH PERUBAHAN KONFIGURASI SALURAN TRANSMISI 150KV GARDU INDUK PALUR – MASARAN – SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

AHMAD DWIYANTO

D400150059

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



UMAR S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PERUBAHAN KONFIGURASI SALURAN TRANSMISI 150KV GARDU INDUK PALUR – MASARAN – SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA

OLEH

AHMAD DWIYANTO

D400150059

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 23 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T.,M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Aris Budiman, S.T.,M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Agus Ulinuha, S.T.,M.T., Ph.D.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Ib. Sri Sunariono, M.T, Ph.D

NIK. 682

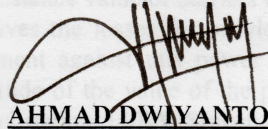
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Januari 2019

Penulis



AHMAD DWIYANTO

D400150059

**PENGARUH PERUBAHAN KONFIGURASI SALURAN TRANSMISI 150KV
GARDU INDUK PALUR – MASARAN – SRAGEN TERHADAP SUSUT DAYA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Abstrak

Permasalahan penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban salah satunya adalah susut daya. Susut daya terjadi salah satunya akibat dari adanya nilai hambatan pada penghantar yang mengubah energi listrik menjadi panas. Besarnya susut daya ini memberikan kerugian bagi penyedia dan konsumen energi listrik, oleh sebab itu perlu adanya pengkajian yang mendalam terhadap permasalahan susut daya ini. Penulis melakukan penelitian susut daya akibat besarnya nilai tahanan pada saluran transmisi PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150kV Palur ke Gardu Induk 150kV Sragen yang awalnya saluran transmisi secara langsung, diubah konfigurasinya menjadi Gardu Induk 150kV Palur ke Gardu Induk 150kV Masaran kemudian dari Gardu Induk 150kV Masaran ke Gardu Induk 150kV Sragen. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui seberapa besarnya pengaruh perubahan konfigurasi saluran terhadap besarnya susut daya menggunakan metode perhitungan manual dengan persamaan matematis. Hasil akhir penelitian didapatkan selisih besarnya susut daya rata-rata setiap hari sebelum dan setelah perubahan konfigurasi sebesar 80996 W. Adanya perubahan konfigurasi saluran transmisi tersebut memberikan dampak berkurangnya kerugian yang dialami PT. PLN (Persero) akibat susut daya pada saluran transmisi tersebut, karena susut daya setelah perubahan konfigurasi lebih kecil dari sebelum adanya perubahan konfigurasi saluran transmisi.

Kata Kunci: gardu induk, perubahan konfigurasi, *software* ETAP, susut daya, transmisi.

Abstract

The problem of the distribution of electrical power from the plant to the center of the load is reduced. Power losses occurs due to one of the existence value of barriers on conducting change electric energy into heat. The magnitude of the power it gives the losses for providers and consumers of electrical energy, therefore the need for in-depth assessment against this power losses problem. The authors conducted research power losses due to the magnitude of the value of the prisoners on a transmission line PT. PLN (Persero) Substation 150kV Palur to Substation 150kV Sragen originally transmission line directly, the configuration is modified into a Substation 150kV Palur to Substation 150kV Masaran then from the Substation 150kV Masaran to Substation 150kV Sragen. This research is used to find out how the magnitude of the influence of changes of channel configuration against the magnitude of power losses calculation method using manual with mathematical equations. Final results of the research obtained by the difference in the magnitude of power losses the average per day before and after the change of configuration of 80996 W. Changes the configuration of the transmission channels give effect reduced the losses experienced by PT. PLN (Persero), due to losses of the power transmission line, because the power was reduced after configuration changes smaller than before the changes to the configuration of the transmission line.

Keywords: substation, configuration changes, *software* ETAP, power losses, transmission.

1. PENDAHULUAN

Penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke pelanggan melewati beberapa tahapan, meliputi tahap pembangkit, transmisi dan distribusi (Lavanya et al., 2016, p. 686). Tidak semua energi listrik dapat disalurkan kepada pelanggan, karena akan ada energi yang hilang dalam bentuk susut daya (Barbulescu et al., 2015, p. 65). Penjelasan dalam Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor : 431/KMK.06/2002 pasal 7, tertulis bahwa susut (*losses*) adalah sejumlah energi yang hilang didalam proses pengaliran energi listrik dari Gardu Induk sampai ke konsumen, apabila tidak

terdapat Gardu Induk susut (*losses*) dimulai dari Gardu Distribusi sampai dengan konsumen dengan besarnya susut (*losses*) maksimal 10%. Menurut Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (Kwh), berdasarkan sifatnya susut (*losses*) dibedakan menjadi susut teknis dan susut non teknis. Pengendalian terhadap susut daya sangat penting untuk dilakukan, hal ini sesuai dengan pernyataan Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Jarman dalam Seminar Bedah Susut Jaringan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) yang diselenggarakan oleh Ditjen Ketenagalistrikan di Auditorium Samaun Samadikum Rabu (26/8/2015), bahwa pengendalian terhadap susut jaringan tenaga listrik (*losses*) adalah hal yang harus dipahami semua pihak khususnya pelaku usaha ketenagalistrikan. Pasalnya saat ini pemerintah hanya mensubsidi sekitar sepertiga dari bisnis PT. PLN (Persero) dan dua pertiganya merupakan tarif keekonomian, sehingga pengendalian terhadap susut (*losses*) sangat penting agar tidak terjadi kerugian yang sangat besar bagi penyedia maupun konsumen listrik (Alfredo dan Edy, 2016, p. 1).

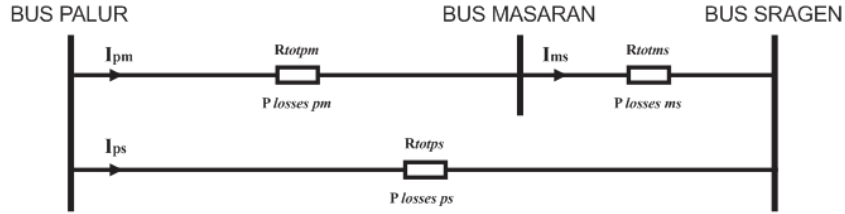
PT. PLN (Persero) melakukan perubahan konfigurasi (susunan) jaringan transmisinya untuk memperoleh keandalan dan meningkatkan pelayanan mutu terhadap konsumen. Hal ini berdasarkan UU No.30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28, tertulis bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik yang memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku, dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen. Perubahan konfigurasi ini terjadi pada PT. PLN (Persero) Unit Induk TJBT UPT Salatiga ULTG Surakarta saluran transmisi Gardu Induk 150kV Palur ke Gardu Induk 150kV Sragen yang awalnya saluran transmisi secara langsung, diubah konfigurasinya menjadi Gardu Induk 150kV Palur ke Gardu Induk 150kV Masaran kemudian dari Gardu Induk 150kV Masaran ke Gardu Induk 150kV Sragen.

Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian susut daya dengan perhitungan secara manual terhadap perubahan konfigurasi saluran transmisi 150kV Gardu Induk Palur – Masaran – Sragen. Diharapkan dengan diketahuinya besar susut daya mampu memberikan pengetahuan tentang besarnya pengaruh perubahan konfigurasi saluran transmisi 150kV terhadap susut daya.

2. METODE

Data yang menjadi dasar untuk perhitungan diambil dari lapangan secara langsung dan data pendukung dari berbagai literasi untuk mendapatkan hasil penelitian yang relevan. Pengambilan data besarnya arus pada saat beban puncak (pukul 10.00 WIB dan pukul 19.00 WIB) selama satu bulan. Periode data yang penulis gunakan adalah bulan Januari sebagai periode sebelum perubahan konfigurasi saluran dan bulan September sebagai periode setelah perubahan konfigurasi saluran. Jenis penghantar yang digunakan sebelum dan setelah perubahan konfigurasi saluran adalah

penghantar ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) dengan luas penampang 240/40 mm². Nilai hambatan penghantar ini adalah 0,119Ω/km, dengan panjang saluran 23,634 km (Gardu Induk 150kV Palur – Sragen), panjang saluran 15 km (Gardu Induk 150kV Palur – Masaran) dan panjang saluran 7 km (Gardu Induk 150kV Masaran – Sragen). Berikut adalah skema dari lapangan yang digunakan untuk mempermudah penyelesaian.



Gambar 1. Skema sebelum perubahan konfigurasi saluran

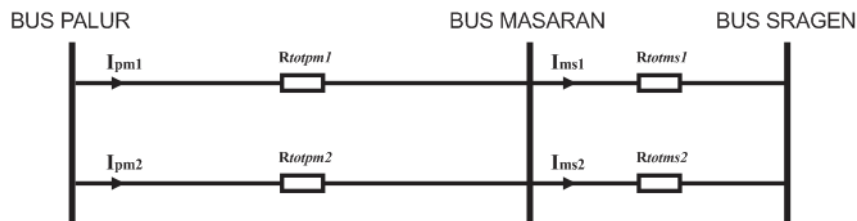
Berdasarkan skema diatas, persamaan matematis untuk menghitung besarnya nilai hambatan total adalah berikut ini.

$$R_{tot} = l.R \quad (1)$$

Dimana, R_{tot} adalah nilai hambatan total (*ohm*),

l adalah panjang penghantar (*km*),

R adalah besarnya hambatan penghantar (*Ohm/km*).



Gambar 2. Skema setelah perubahan konfigurasi saluran



Gambar 3. Penyederhanaan skema setelah perubahan konfigurasi saluran

Berdasarkan gambar 2 dan 3, besarnya nilai hambatan total setelah perubahan konfigurasi menggunakan persamaan berikut.

$$R_{totpar} = \frac{R_{tot1}.R_{tot2}}{R_{tot1}+R_{tot2}} \quad (2)$$

Dimana, R_{totpar} adalah nilai hambatan total paralel(*ohm*),

R_{tot1} adalah nilai hambatan total penghantar 1 (*ohm*),

R_{tot2} adalah nilai hambatan total penghantar 2 (*ohm*),

Perhitungan susut daya saluran tiga fasa dilakukan dengan persamaan matematis sebagai berikut.

$$P_{Losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R_{tot} \quad (3)$$

Keterangan : P_{Losses} adalah besarnya susut daya (*Watt*),

3 adalah pengali untuk saluran tiga fasa,

I adalah besarnya arus listrik yang mengalir (*Ampere*),

R_{tot} adalah besarnya hambatan total (*Ohm*).

Besarnya susut daya rata-rata perhari dipergunakan untuk membandingkan besarnya pengaruh susut daya sebelum dan setelah terjadinya perubahan konfigurasi saluran. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$P_{Losses\ rph} = \frac{Rata - rata\ P_{Losses\ perbulan\ pukul\ 10.00\ WIB} + Rata - rata\ P_{Losses\ perbulan\ pukul\ 19.00\ WIB}}{2} \quad (4)$$

Keterangan :

$P_{Losses\ rph}$ adalah besarnya susut daya rata-rata perhari (*Watt*),

Selisih besarnya susut daya perhari dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\Delta P_{Losses} = P_{Losses\ rph\ sebelum} - P_{Losses\ rph\ setelah} \quad (5)$$

Keterangan :

ΔP_{Losses} adalah selisih susut daya rata-rata perhari (*Watt*),

$P_{Losses\ rph\ sebelum}$ adalah besarnya susut daya rata-rata perhari selama sebulan sebelum perubahan konfigurasi saluran (*Watt*),

$P_{Losses\ rph\ setelah}$ adalah besarnya susut daya rata-rata perhari selama sebulan setelah perubahan konfigurasi saluran (*Watt*),

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Studi literatur

Proses pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian yang sudah ada sebelumnya, serta jurnal-jurnal yang mendukung teori untuk menyelesaikan penelitian “Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Transmisi 150kV Gardu Induk Palur-Masaran-Sragen Terhadap Susut Daya”.

b. Pengumpulan data

Proses mengumpulkan data – data yang mendukung penyelesaian penelitian, meliputi data yang diperoleh dari lapangan, maupun data yang diperoleh dari literatur. Data yang diperoleh dari lapangan meliputi arus, jenis penghantar, panjang saluran dan nilai hambatan penghantar. Data yang diperoleh dari literatur meliputi persamaan matematis yang digunakan untuk penyelesaian perhitungan manual.

c. Perhitungan manual

Proses pengolahan data secara manual dengan persamaan matematis terhadap data yang telah dikumpulkan. Perhitungan manual meliputi sebelum dan setelah adanya perubahan konfigurasi saluran.

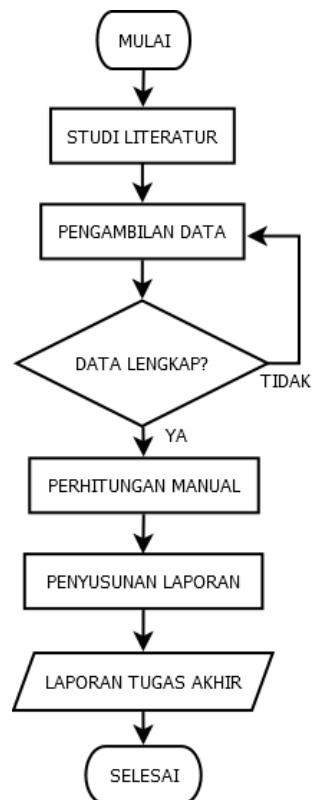
e. Analisa hasil perhitungan

Analisa hasil dipergunakan untuk mengetahui seberapa besar perbandingan hasil antara sebelum dan setelah adanya perubahan konfigurasi saluran.

f. Penyusunan laporan

Proses yang dilakukan untuk menuliskan seluruh hasil dari proses penelitian yang dilakukan dan sebagai bentuk pertanggungjawaban dari penelitian yang telah dilaksanakan.

Berikut adalah *flowchart* penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian.



Gambar 4. *Flowchart* penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Arus Listrik

Data yang diambil adalah besarnya arus listrik (I) yang mengalir pada saat beban puncak (pukul 10.00 WIB dan pukul 19.00 WIB), yang ditampilkan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 1. Data Sebelum Perubahan Konfigurasi (Bulan Januari 2018).

TGL	PALUR-SRAGEN		PALUR-MASARAN		MASARAN-SRAGEN	
	10.00 WIB	19.00 WIB	10.00 WIB	19.00 WIB	10.00 WIB	19.00 WIB
	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
1	169	205	267	320	46	67
2	179	219	296	344	39	63
3	179	211	295	338	39	60
4	180	210	300	334	36	59
5	179	214	298	341	39	61
6	176	216	289	338	42	64
7	173	207	278	323	46	64
8	210	216	273	343	PADAM	62
9	189	216	275	341	PADAM	63
10	161	213	234	340	68	61
11	173	219	273	341	51	60
12	183	214	314	337	30	64
13	171	213	283	334	37	66
14	168	210	274	329	40	68
15	168	216	283	341	31	63
16	161	201	286	323	46	47
17	180	214	316	338	45	62
18	196	198	356	314	10	56
19	184	193	307	310	63	61
20	173	193	289	308	38	63
21	167	210	275	328	39	66
22	168	210	286	335	32	59
23	176	216	298	346	30	60
24	PADAM	207	484	331	214	55
25	159	208	258	335	40	57
26	177	229	297	352	37	92
27	201	207	325	325	52	65
28	168	197	274	307	41	62
29	481	214	PADAM	341	264	62
30	189	163	315	277	44	38
31	176	212	294	336	35	60

Tabel 2. Data Setelah Perubahan Konfigurasi (Bulan September 2018).

TGL	PALUR-MASARAN				MASARAN-SRAGEN			
	10.00 WIB		19.00 WIB		10.00 WIB		19.00 WIB	
	I 1 (A)	I 2 (A)	I 1 (A)	I 2 (A)	I 1 (A)	I 2 (A)	I 1 (A)	I 2 (A)
1	252	243	179	275	106	104	127	125
2	241	235	281	274	107	105	133	130

3	241	232	270	262	151	149	132	131
4	255	249	289	283	112	111	134	133
5	152	147	311	304	3	2	173	167
6	302	295	352	343	113	114	190	188
7	268	261	267	259	120	120	132	131
8	259	253	284	277	119	115	139	138
9	235	228	277	270	111	109	139	139
10	238	232	280	271	117	115	132	132
11	221	218	255	250	96	97	121	122
12	244	241	289	284	108	108	137	136
13	252	248	288	281	108	108	135	134
14	261	255	286	278	110	108	134	133
15	232	234	255	247	112	111	133	131
16	228	223	280	273	105	103	136	133
17	265	259	302	296	114	112	142	140
18	261	255	277	270	126	123	126	123
19	265	261	274	267	110	110	135	132
20	240	234	274	267	97	97	128	125
21	275	275	302	293	110	110	138	136
22	254	248	303	295	115	112	141	137
23	236	231	298	290	107	105	142	136
24	159	155	280	273	3	2	108	107
25	258	253	284	278	95	95	120	116
26	267	264	288	282	96	96	100	104
27	252	246	261	253	91	92	107	105
28	231	226	264	256	90	90	111	108
29	243	237	284	277	112	113	137	134
30	237	231	290	183	107	105	140	137

3.2 Perhitungan Hambatan Total

Perhitungan hambatan total penghantar meliputi sebelum dan setelah perubahan konfigurasi saluran, perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

a. Sebelum Perubahan Konfigurasi

Panjang penghantar GI 150kV Palur Bay Sragen (saluran tunggal) adalah 23,634 km. Besarnya hambatan penghantar adalah 0,119Ω/km, maka besarnya $R_{tot\ ps}$ (Hambatan total Palur Bay Sragen) adalah sebagai berikut (persamaan 1).

$$R_{tot\ ps} = 23,634 \text{ km} \cdot 0,119 \text{ } \Omega/\text{km} = 2,81 \text{ } \Omega.$$

Panjang penghantar dari GI 150kV Palur Bay Masaran 1 (saluran tunggal) adalah 15 km. Besarnya hambatan penghantar adalah 0,119Ω/km, maka besarnya $R_{tot\ pm}$ (Hambatan total Palur Bay Masaran) adalah sebagai berikut (persamaan 1).

$$R_{tot\ pm} = 15 \text{ km} \cdot 0,119 \text{ } \Omega/\text{km} = 1,79 \text{ } \Omega.$$

Panjang penghantar dari GI 150kV Masaran Bay Sragen 1 (saluran tunggal) adalah 7 km. Besarnya hambatan penghantar adalah 0,119 Ω /km, maka besarnya $R_{tot\ ms}$ (Hambatan total Masaran Bay Sragen) adalah sebagai berikut (persamaan 1).

$$R_{tot\ ms} = 7 \text{ km} \cdot 0,119 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,83 \text{ } \Omega.$$

b. Setelah Perubahan Konfigurasi

Panjang penghantar dari GI 150kV Palur Bay Masaran (saluran ganda) adalah 15 km. Besarnya hambatan penghantar adalah 1,79 Ω (hasil persamaan 1), maka besarnya $R_{totpar\ pm}$ (Hambatan total paralel Palur Bay Masaran) adalah sebagai berikut (persamaan 2).

$$R_{totparpm} = \frac{R_{totpm\ 1} \cdot R_{totpm\ 2}}{R_{totpm\ 1} + R_{totpm\ 2}} = \frac{1,79 \cdot 1,79}{1,79 + 1,79} = 0,9 \Omega.$$

Panjang penghantar dari GI 150kV Masaran (saluran ganda) adalah 7 km. Besarnya hambatan penghantar adalah 0,83 Ω (hasil persamaan 1),, maka besarnya $R_{totpar\ ms}$ (Hambatan total paralel Masaran Bay Sragen) adalah sebagai berikut (persamaan 2).

$$R_{totparms} = \frac{R_{totms\ 1} \cdot R_{totms\ 2}}{R_{totms\ 1} + R_{totms\ 2}} = \frac{0,83 \cdot 0,83}{0,83 + 0,83} = 0,42 \Omega.$$

3.3 Perhitungan Susut Daya Pada Beban Puncak Dan Susut Daya Rata-Rata

a. Sebelum Perubahan Konfigurasi

Perhitungan susut daya pada penghantar ACSR 240/40 mm² GI Palur Bay Sragen dengan $R_{tot\ ps}$ sebesar 2,81 Ω pada bulan Januari 2018 adalah sebagai berikut.

Pukul 10.00 WIB (persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 169^2 \cdot 2,81 = 240769,23 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 179^2 \cdot 2,81 = 270105,63 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 3 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 179^2 \cdot 2,81 = 270105,63 \text{ W}$$

Pukul 19.00 WIB (persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 205^2 \cdot 2,81 = 354270,75 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 219^2 \cdot 2,81 = 404311,23 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 3 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 211^2 \cdot 2,81 = 375312,03 \text{ W}$$

Perhitungan susut daya pada penghantar ACSR 240/40 mm² GI Palur Bay Masaran dengan $R_{tot\ pm}$ sebesar 1,79 Ω pada bulan Januari 2018 adalah sebagai berikut.

Pukul 10.00 WIB (persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 267^2 \cdot 1,79 = 382821,93 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 Januari 2018, } P_{Losses} = 3 \cdot 296^2 \cdot 1,79 = 470497,92 \text{ W}$$

Tanggal 3 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.295^2 \cdot 1,79 = 467324,25 \text{ W}$

Pukul 19.00 WIB (persamaan (3))

Tanggal 1 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.320^2 \cdot 1,79 = 549888,00 \text{ W}$

Tanggal 2 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.344^2 \cdot 1,79 = 635464,32 \text{ W}$

Tanggal 3 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.338^2 \cdot 1,79 = 613490,28 \text{ W}$

Perhitungan susut daya pada penghantar ACSR 240/40 mm² GI Masaran Bay Sragen dengan R_{tot} ms sebesar 0,83 Ω pada bulan Januari 2018 adalah sebagai berikut.

Pukul 10.00 WIB (persamaan (3))

Tanggal 1 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.46^2 \cdot 0,83 = 5268,84 \text{ W}$

Tanggal 2 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.39^2 \cdot 0,83 = 3787,29 \text{ W}$

Tanggal 3 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.39^2 \cdot 0,83 = 3787,29 \text{ W}$

Pukul 19.00 WIB (persamaan (3))

Tanggal 1 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.67^2 \cdot 0,83 = 11177,61 \text{ W}$

Tanggal 2 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.63^2 \cdot 0,83 = 9882,81 \text{ W}$

Tanggal 3 Januari 2018, $P_{Losses} = 3.60^2 \cdot 0,83 = 8964,00 \text{ W}$

Menggunakan cara yang sama untuk mencari besarnya susut daya setiap hari selama bulan Januari 2018 didapatkan total susut daya rata-rata pada GI 150 KV Palur Bay Sragen pukul 10.00 WIB adalah 321391,50 W dan Pukul 19.00 WIB adalah 368403,78 W, GI 150 KV Palur Bay Masaran pukul 10.00 WIB adalah 480901,76 W dan Pukul 19.00 WIB adalah 588270,68 W, dan GI 150 KV Masaran Bay Sragen pukul 10.00 WIB adalah 13996,89 W dan Pukul 19.00 WIB adalah 9609,95 W. Perhitungan susut daya rata-rata perhari dengan persamaan (4) adalah sebagai berikut.

$$\text{GI 150 kV Palur Bay Sragen, } P_{Losses \text{ rph sebelum1}} = \frac{321391,50 \text{ W} + 368403,78 \text{ W}}{2} = 344897,64 \text{ W}$$

$$\text{GI 150 kV Palur Bay Masaran, } P_{Losses \text{ rph sebelum2}} = \frac{480901,76 \text{ W} + 588270,68 \text{ W}}{2} = 534586,22 \text{ W}$$

$$\text{GI 150 kV Masaran Bay Sragen, } P_{Losses \text{ rph sebelum3}} = \frac{13996,89 \text{ W} + 9609,95 \text{ W}}{2} = 11803,42 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} P_{Losses \text{ rph sebelum}} &= P_{Losses \text{ rph sebelum1}} + P_{Losses \text{ rph sebelum2}} + P_{Losses \text{ rph sebelum3}} \\ &= 344897,64 \text{ W} + 534586,22 \text{ W} + 11803,42 \text{ W} = 891287,28 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

b. Setelah Perubahan Konfigurasi

Arus yang digunakan untuk perhitungan setelah perubahan konfigurasi adalah penjumlahan I_1 dan I_2 yang mengalir pada saluran dan waktu masing-masing (sesuai tabel 2). Perhitungan susut daya pada penghantar ACSR 240/40 mm² GI Palur Bay Masaran dengan $R_{totpar \text{ pm}}$ sebesar 0,9 Ω pada bulan September 2018 adalah sebagai berikut.

Pukul 10.00 WIB (persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 September 2018, } P_{Losses} = 3. (252+243)^2. 0,9 = 661567,5 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 September 2018, } P_{Losses} = 3. (241+235)^2. 0,9 = 611755,2 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 3 September 2018, } P_{Losses} = 3. (241+232)^2. 0,9 = 604068,3 \text{ W}$$

Pukul 19.00 WIB (Dengan persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 September 2018, } P_{Losses} = 3. (179+275)^2. 0,9 = 556513,2 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 September 2018, } P_{Losses} = 3. (281+274)^2. 0,9 = 831667,5 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 3 September 2018, } P_{Losses} = 3. (270+262)^2. 0,9 = 764164,8 \text{ W}$$

Perhitungan susut daya pada penghantar ACSR 240/40 mm² GI Masaran Bay Sragen dengan $R_{totpar \text{ pm}}$ sebesar 0,42 Ω pada bulan September 2018 adalah sebagai berikut.

Pukul 10.00 WIB (persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 September 2018, } P_{Losses} = 3. (106+104)^2. 0,42 = 55566 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 September 2018, } P_{Losses} = 3. (107+105)^2. 0,42 = 56629,44 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 3 September 2018, } P_{Losses} = 3. (151+149)^2. 0,42 = 113400 \text{ W}$$

Pukul 19.00 WIB (persamaan (3))

$$\text{Tanggal 1 September 2018, } P_{Losses} = 3. (127+125)^2. 0,42 = 80015,04 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 2 September 2018, } P_{Losses} = 3. (133+130)^2. 0,42 = 87152,94 \text{ W}$$

$$\text{Tanggal 3 September 2018, } P_{Losses} = 3. (132+131)^2. 0,42 = 87152,94 \text{ W}$$

Menggunakan cara yang sama untuk mencari besarnya susut daya setiap hari selama bulan September 2018 didapatkan total susut daya rata-rata pada GI 150 KV Palur Bay Masaran pukul 10.00 WIB adalah 638991,09 W dan Pukul 19.00 WIB adalah 835377,93 W, dan GI 150 KV Masaran Bay Sragen pukul 10.00 WIB adalah 56465,56 W dan Pukul 19.00 WIB adalah 89747,99 W. Perhitungan susut daya rata-rata perhari dengan persamaan (4) adalah sebagai berikut.

$$\text{GI 150 kV Palur Bay Masaran, } P_{Losses \text{ rph setelah1}} = \frac{638991,09 \text{ W} + 835377,93 \text{ W}}{2} = 737184,51 \text{ W}$$

$$\text{GI 150 kV Masaran Bay Sragen, } P_{Losses \text{ rph setelah2}} = \frac{56465,56 \text{ W} + 89747,99 \text{ W}}{2} = 73106,78 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} P_{Losses \text{ rph setelah}} &= P_{Losses \text{ rph setelah1}} + P_{Losses \text{ rph setelah2}} \\ &= 737184,51 \text{ W} + 73106,78 \text{ W} = 810291,29 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

c. Selisih besarnya susut daya perhari

$$\begin{aligned} (\text{Persamaan (5)}) \Delta P_{Losses} &= P_{Losses \text{ rph sebelum}} - P_{Losses \text{ rph setelah}} \\ &= 891287,28 - 810291,29 = 80996 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan manual secara matematis terhadap besarnya susut daya pada saluran transmisi 150kV Gardu Induk Palur – Masaran – Sragen sebelum dan setelah adanya perubahan konfigurasi saluran, didapat kesimpulan akhir dari penelitian ini sebagai berikut.

- 1) Besarnya nilai susut daya rata-rata setiap hari setelah adanya perubahan konfigurasi saluran lebih kecil dibanding sebelum adanya perubahan konfigurasi saluran, selisihnya sebesar 80996 W. Hal ini terjadi karena menurunnya nilai hambatan total dari penghantar.
- 2) Faktor yang mempengaruhi adanya selisih susut daya antara sebelum dan setelah perubahan selain dari besarnya nilai tahanan penghantar adalah besarnya nilai arus yang mengalir pada penghantar tersebut.

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Alloh SWT yang telah memberikan anugerah-Nya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuannya dalam penelitian ini, terkhusus kepada:

- 1) Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungan secara materil maupun non materil.
- 2) Bapak Umar, selaku dosen pembimbing dan seluruh staf Jurusan Teknik Elektro UMS yang telah membantu memperlancar proses penelitian ini.
- 3) Seluruh staf PT. PLN (Persero) Unit Induk TJBT UPT Salatiga yang telah mempermudah proses pengambilan data penelitian ini.
- 4) Keluarga besar DINAMIK FT UMS yang selalu hadir menemani disaat suka maupun duka.
- 5) Rekan-rekan Teknik Elektro angkatan 2015 yang telah memberikan bantuannya demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. N. (2011). *Evaluasi Rugi Daya Saluran Transmisi 150 Kv Pada Penyulang Kebonagung-Sen*gkaling*. Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang. <http://elektro.um.ac.id/ceie/2011/assets/paper/National/Electrical/A1-11%20-%20A.N.AFANDI%20-%20EVALUASI%20RUGI%20DAYA%20SALURAN%20TRANSMISI.pdf>
- Alfredo S, Donald., Edy Ervianto. (2016). *Analisa Perhitungan Susut Daya Dan Energi Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Area Pekanbaru*. *JomFTEKNIK*, 3 (2), 1. <https://media.neliti.com/media/publications/189864-ID-analisa-perhitungan-susut-daya-dan-energ.pdf>

- Arismunandar, Artono. & Susumu Kuwahara. (1993). *Buku pegangan teknik tenaga listrik (Jilid II)*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Barbulescu C., Kilyeni ST., & Fati O. (2015). 110 kV Network Technical Losses Assessment Real Distribution System Case Study. *Journal Of Sustainable Energy*, 6 (2), 65. http://energy-cie.ro/archives/2015/nr_2/v6-n2-4.pdf
- Barum Kosasih, Ghofur. (2017). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Pada Gardu Induk Jajar - Gondangrejo*. Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta. <http://eprints.ums.ac.id/51530/2/upload%20FIX%20POLL.pdf>
- Cahyo Giliestyatmoko, Dwi. (2018). Analisis Susut Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Pada Gardu Induk Palur-Masaran. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hutauruk. (1993). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Kamble, Chandan S. & Rajni Rewatkar. (2017). Load-flow Analysis of Distribution systems using ETAP. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 2, 333-334. <https://dx.doi.org/10.24001/ijaems.icsesd2017.9>
- Lavanya G, K sambath, Sudha S, & Sindhu S. (2016). Analysis Of Power Loss In The Distributed Transmission Lines Of Smart Grid. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 03 (7), 686. <https://www.irjet.net/archives/v3/i7/IRJET-V3i7130.pdf>
- PT. PLN (Persero). 2005. Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (Kwh). http://www.ap2b-kalbar.com/uploads/ftp/Operasi%20Sistem/Transaksi%20Energi/PERATURAN/SK%20DIR%20NO_%20217-1%20TAHUN%202005%20tentang%20penyusunan%20Neraca%20Energi%20PLN.pdf
- Radil, Muhammad,. Riad Syech., Sugiyanto. (2014). Analisis Rugi- Rugi Daya Pada Penghantar Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Dari Gardu Induk Koto Panjang Ke Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru. *JOM FMIPA*, 1 (2). <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/download/3548/3443>
- Rahmadhian. Cahayahati. Ija Darmana. (2015). Evaluasi losses daya pada sistem transmisi 150kV Sumatera Barat. *JFTI*, 7 (01). <http://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php?journal=JFTI&page=article&op=download&path%5B%5D=7365&path%5B%5D=6237>
- Republik Indonesia. 2002. Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 431/KMK.06/2002 Tentang Tatacara Penghitungan Dan Pembayaran Subsidi Listrik. https://peraturan.bkpm.go.id/jdih/userfiles/batang/kemenkeu_431_2002.pdf
- Republik Indonesia. 2002. Undang-Undang No. 40 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan. <http://pelayanan.jakarta.go.id/download/regulasi/undang-undang-nomor-30-tahun-2009-tentang-ketenagalistrikan.pdf>
- Stevenson, William D. Alih bahasa oleh Kamal Idris. (1993). *Analisis sistem Tenaga Listrik (Edisi 4)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sujatmiko, Hernawan. (2009). Analisis Kerugian Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV Di PT. PLN (Persero) Penyaluran & Pusat Pengaturan Beban (P3B) Jawa Bali Regional Jawa Tengah & DIY Unit Pelayanan Transmisi Semarang. *Jurnal Teknik Elektro*, 1 (1), 33-34. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jte/article/viewFile/1603/1819>
- Supardi, Agus. (2017). *Pengantar Analisis Rangkaian Listrik*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.